専門家が教える良否判定方法や配線パターン設計時の留意点

写真で見るBGAパッケージのリワーク

山下 俊一

BGAパッケージを外したり，付け直したりする必要に迫られた経験をお持ちの方もいるかもしれない．ほかの作業者に依頼して済ませていることが多いリワーク作業の手順を，写真をもとに紹介する．（筆者）

私たちが日常的に使用する携帯電話をはじめとする民生向け電子機器や産業向け電子機器は，高性能化および小型化へ移行しています．これらへの対応は，デバイスの高性能化やパッケージ・サイズの小型化，多ピン化などの「パッケージ技術」なくしては実現しません．

現状，実装に携わる技術者は，常にパッケージ技術に追従する実装技術の対応に追われる状況となっています．今回，高密度実装分野において不可欠となっているBGA（Ball Grid Array）パッケージ（**写真1**）の再実装について，筆者の所属する会社の取り組みを例に紹介します．

電子機器に搭載されるマイコンやメモリにおいても，BGAパッケージ品が普及してきています．BGAパッケージがQFP（Quad Flat Package）やSOP（Small Out-line Package）を含めたほかのパッケージと根本的に異なる点は，以下の通りでしょう．

- 実装後のはんだ接続状態が容易に判断できない
- 実装後のはんだ付け修正も容易にできない

このことから，実装時の工程条件設定が接続の良しあしのすべてを左右することになります．BGAパッケージの実装におけるポイントは，

- はんだ付けパッドに均一かつ適量のはんだ印刷を施す．
- BGA接続部に対してBGAボール部ならびに基板接続パッド共にはんだ溶融に必要十分な熱を加えるリフロ条件を設定する．
- 基板の反りや基板パッドの平たん度に留意し，実装条件を設定する．

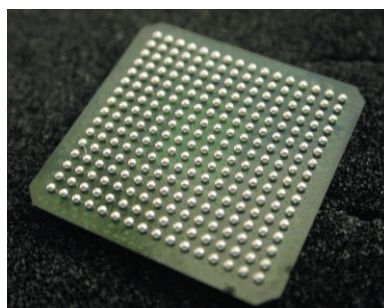
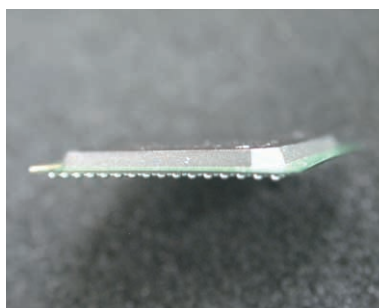
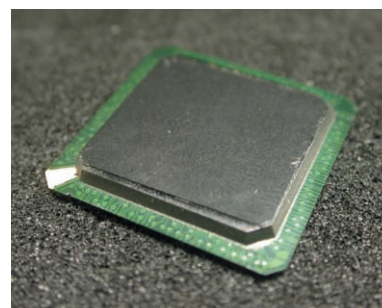
などが挙げられます．

（a）裏面

（b）横から

（c）表面

写真1　BGAパッケージの外観

KeyWord　BGAパッケージ，リボール，リワーク，はんだボール，クリーニング，ノズル，印刷用マスク，局部加熱，プロファイル

写真2 マイクロスコープによるはんだ付け状態の確認例

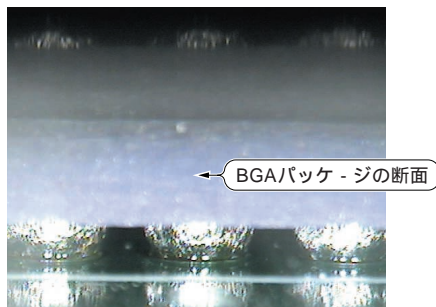
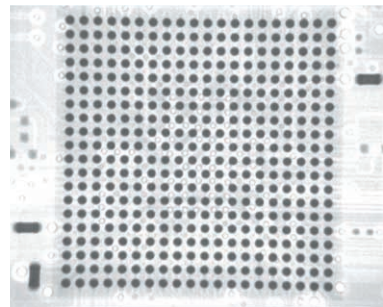



写真3 X線透過によるはんだ付け状態の確認例

1. BGAパッケージ実装状態の良否判定

BGAパッケージにおけるはんだ付けの良しあしを，外観から判断することは難しいと述べました．実装メーカとして，実装後のはんだ付けの良否判断をどのようにしているかを紹介します．

● 実装後のはんだ付けチェックの方法

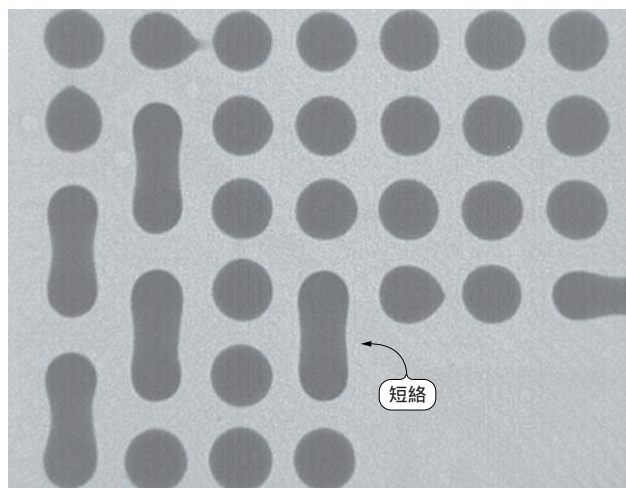
1）マイクロスコープによるデバイス4辺のはんだ付け

BGAパッケージは，外周の4辺だけは接続のボールが確認できる状態にあります（**写真2**）．確認項目としては，

- 接続部分のはんだ形状（太鼓型が理想）
- 隣接するボール同士が短絡していないか
- はんだ付け部のクラックや未接続部分がないか

などが挙げられます．確認にはマイクロスコープを用います．

2）X線によるはんだ付けの確認

X線は，外周4辺の内側に配置したはんだ付けの確認に有効な方法です．X線を使用することにより，構造的に目視できないはんだ付け部分を確認できます（**写真3**）．確認項目としては，

- 接続部分のはんだ形状（均一のサイズで円形が理想）
- 隣接するボール同士が短絡していないか

などが挙げられます．

● BGAパッケージの実装における不具合例

BGAパッケージの実装における不具合は，工程の最適化が実現できないために，しばしば発生します．例として，次のようなものがあります．

1）はんだ短絡（隣接するボール間で短絡，写真4）

はんだ短絡発生の主な要因としては，はんだ印刷量のばらつき（はんだの過多，印刷マスクの開口寸法が不適切）などが考えられます．

2）実装ずれ（写真5）

実装ずれ発生の主な原因としては，マウント時のずれ，はんだ印刷量のばらつきによるリフロ時のずれなどが考えられます．

写真4 不具合例1…短絡

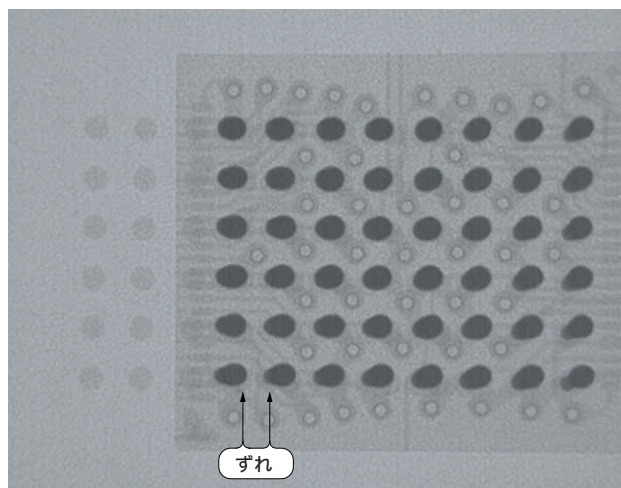



写真5 不良事例2…実装ずれ

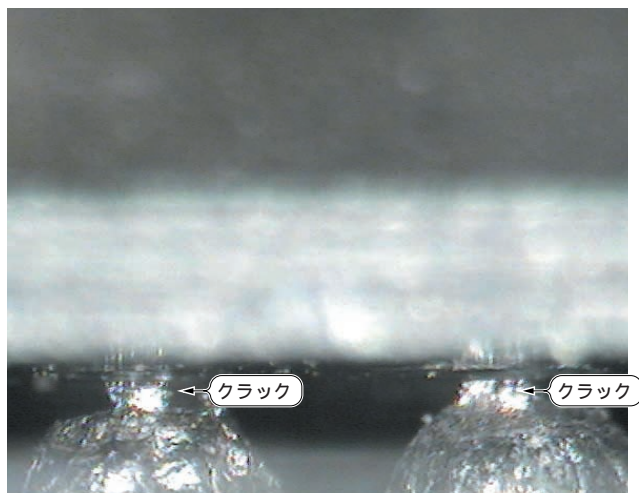



写真6　不良事例3…クラック

3) クラック(写真6)

クラック発生の主な原因としては，基板の反りやデバイスの反り，外部応力による破損，リフロ温度の設定が不適切などが考えられます．

2. BGAパッケージのリワーク作業の種類と方法

前項では，BGAパッケージの実装における重要なポイントおよび不具合例を示しました．実装工程の不具合や，デバイス自体の不良発生時の対処には，ほかのQFP，SOPなどの修正と異なり，技術的な難易度の高いリワーク作業が要求されます．

不具合が生じたプリント基板からデバイスを除去し，新しいデバイスを取り付けるという流れは，QFPとBGAパッケージ共に同じです．しかし，BGAパッケージのリワークにおける固有の工程として，リボール作業と呼ばれる工程があります．ここでは，具体的なBGAパッケージのリワーク作業について説明します．

BGAパッケージのリワークは，基板の局部を加熱できるリワーク・ステーションと呼ばれる装置を用いて行います．この装置は，交換対象となるBGAパッケージの上面および下面に局部加熱を行い，はんだを溶融させ，取り外しや，取り付けを行う装置です．

筆者の所属する会社のリワーク装置を**写真7**に示します．本装置は，対象デバイスなどにセンサを付け，温度を監視しながら，プリント基板の取り付け/取り外しの際の温度を制御します(ヒータの出力を制御する)．

写真7　リワーク・ステーション(デンオン機器 RD-500 II)
RoHS対応の装置としてシンアペックスのSUMMIT 1100も保有する．

● リワーク作業の流れ

一般的なBGAパッケージのリワーク作業の流れを**図1**に示します．

リワーク工程で特に注意すべき点として，

- BGAパッケージのサイズや基板の厚さ，実装形態(共晶，鉛フリー)により個別の加熱条件設定を要する．
- 部分はんだ印刷は，パッケージの端子間距離や印刷マス

BGAリワーク　標準フロー
(新規部品取り付け)

	工程	工程の概要
1	局部加熱による デバイス取り外し	リワーク・マシンによる部分加熱にてデバイスを取り外す．BGA個別の加熱条件にて取り外すこと
2	プリント基板のランドを クリーニング	プリント基板ランドをはんだ吸い取り線とはんだこてを使用して平坦にする
3	取り付け部分に はんだを印刷	プリント基板の実装パッドに部分メタル・マスクなどを使ってはんだを印刷する
4	新規デバイス搭載	交換用の新規LSIをリワーク・マシンにて搭載
5	局部加熱による はんだ付け	リワーク・マシンを利用し局部加熱を行ってはんだ付けする．BGA個別の加熱条件を用いること
6	はんだ接続チェック	マイクロスコープ及びX線にてはんだ付け状態を確認する
	完成	

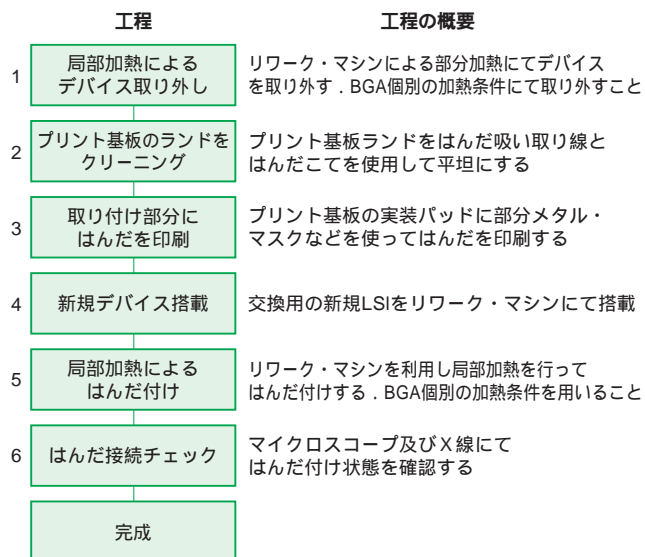



図1　BGAパッケージのリワーク標準フロー

ク厚を考慮したマスク開口寸法の最適化検討を要する．
などが挙げられます．

● リボール作業とは

BGA パッケージならではのリボール作業について説明します．

リボールが必要な条件として，

- 機能的には問題がないLSIについて，実装時の不具合を修正し，再度そのLSIを使用する場合．
- 実装されたLSIをほかの基板などに載せ替える場合．
- 実装工程では共晶はんだを使用していたのに，BGA パッケージが鉛フリーはんだを使用している場合．つまり，実装する上でLSIのボール材料を変更する必要がある場合．
- 取り外したLSIの機能を評価するために，ソケット実装または，基板へ再実装する必要がある場合．

などが挙げられます．上記のように，リボール作業は，新規デバイスに実装交換することなく，機能上問題のないLSIを再生（リボールにより再実装可能とする）し，再実装する作業です．専用のリボール・キットを用いて，はんだ印刷からボール搭載までの作業を行います．作業で使用するリボール・キットの外観を**写真8**に示します．

（a）本体　　（c）はんだ印刷ステージ

（b）デバイス・ステージ　　（d）ボール搭載ステージ

写真8　リボール・キット

写真9
LSIの外形に適合したノズルを用いて加熱する

● BGA パッケージのリワーク（再実装）

ここでは，筆者の所属する会社におけるリボールおよび再実装の手順を説明します．リボール再実装の流れを**図2**に示します．

① 局部加熱によるBGAパッケージの取り外し

リワーク・ステーションに装着したBGAパッケージを加熱して取り外します．この際，上面の加熱はホット・エアーを用いて，LSIだけを局所的に加熱します．LSIの外形に適合したノズルを用います（**写真9**）．

② 基板実装部クリーニング

取り外した後のプリント基板のランド（座）は，**写真10**のような荒れた状態です．再実装する前に，はんだ吸い取り線とはんだごてを使って余剰はんだを取り除き，ランドを平たんにします（**写真11**）．BGA パッケージのはんだ面も，取り外した後は荒れた状態にあります（**写真12**）．プリント基板と同じようにクリーニングが必要になります（**写真13**）．

④ BGAパッケージへはんだを印刷

リボール・キットにクリーニングされたBGA パッケー

図2　リボール再実装の流れ

ジを載せ，その上にはんだ印刷ステージを使用し，はんだを印刷します．ここでのはんだ印刷は搭載するボールとBGAパッケージを接続するためのはんだです．

使用する印刷用マスクは，BGAパッケージのピン形状に対応した専用マスクを使用し，ここでの印刷は手作業によるスキージ印刷となります(**写真14**)．BGAパッケージにはんだが印刷された状態を**写真15**に示します．

⑤ BGAパッケージにはんだボールを搭載

リボール・キットの印刷ステージをはんだ搭載ステージに交換し，はんだ印刷されたデバイスにボールを搭載します．ここでもBGAパッケージのピン形状に対応したボール径のマスクを使用します．はけを用いて丹念にボールをマスク開口部からはんだ印刷された部分に落とし込みます(**写真16**)．はんだ印刷された上にボールが搭載された状態を**写真17**に示します．均一で光沢のある端子が形成されていることがわかります．

⑥ デバイス・リフロ

リボール・キットによりボール搭載されたBGAパッケージに，リフロを利用してボールをデバイスに転写して接続端子を形成します．リフロ条件はボールの種類(鉛フリー，

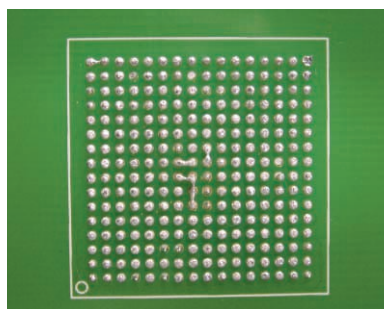



写真10　BGAパッケージを取り外した直後のプリント基板

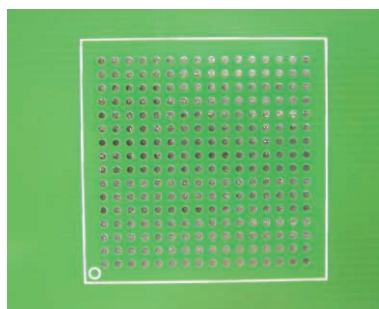



写真11　クリーニング後のランド

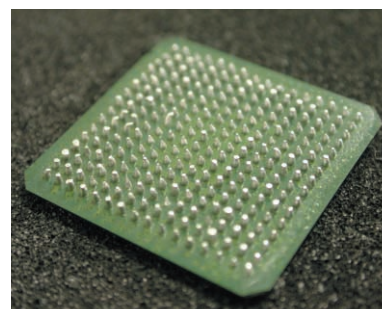



写真12　プリント基板から取り外した直後のBGAパッケージ

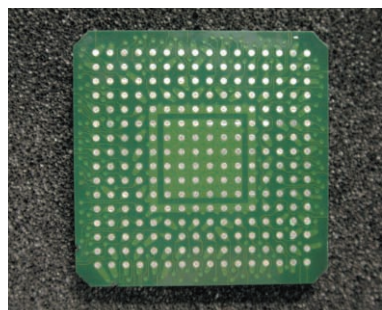



写真13 クリーニング後のはんだ面

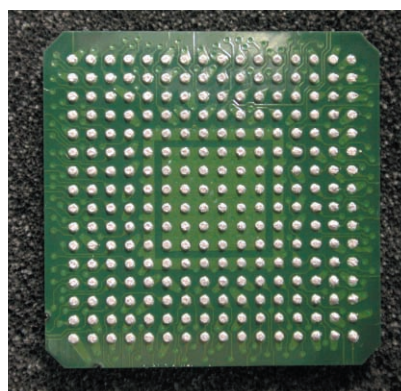
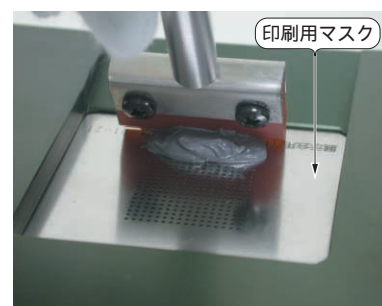
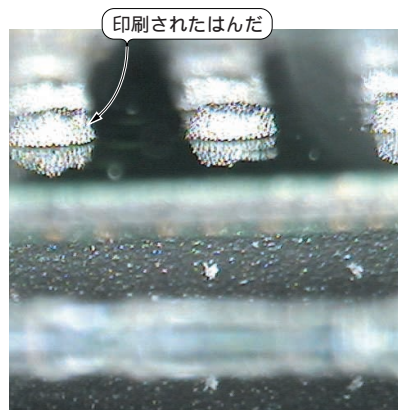
写真14 BGAパッケージのはんだ面に印刷用マスクを使いはんだを塗る

(a) BGAパッケージを裏から見たようす

(b) BGAパッケージを横から見たようす

写真15　はんだを塗った後のはんだ面

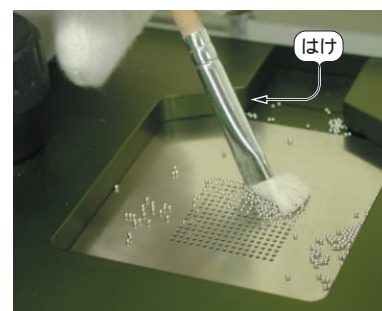



写真16　デバイスに対応したボール径のマスクを使用し，はんだボールをBGAパッケージのはんだ面に載せる

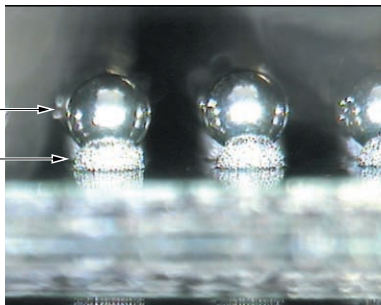



写真17
はんだボール搭載後のBGAパッケージ

写真18
リボール完了

共晶）と，BGAパッケージの耐熱温度条件を加味してプロファイルを設定します．また，再実装時のはんだ付けをしやすくするために，リフロ雰囲気は窒素充てんを行います．酸素濃度を抑えることで，ボール（形成される接続端子）の酸化抑制を図ります．リフロ後の再生（リボール）したデバイスの状態を**写真18**に示します．

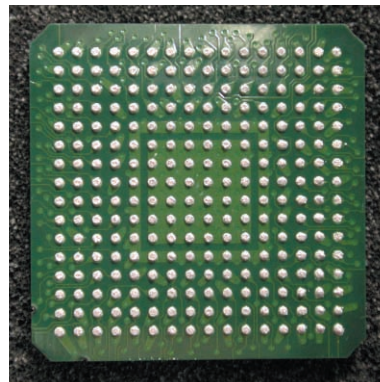
3．配線パターン設計時における留意点

BGAパッケージのリワーク作業の概要を説明しました．ここからは，リワーク作業に従事する側から見た，配線パターン設計上の留意点などを紹介します．

● BGAパッケージ周囲の空間距離を確保

電子機器の小型化が促進され，どの製品も部品レイアウト的に余裕のない状態となっています．BGAパッケージのリワークを考慮した場合，ある程度リワーク用のスペースを確保したいところです．リワーク作業は部分過熱のため，エアー・ノズルによりデバイスを加熱します．そのためのスペースを確保しておく必要があるのです．また，リワークをしない場合でも，実装後のはんだ付け状態の確認をする必要があります（例えばマイクロスコープを使用）．デバイス周辺において3mm～5mmのクリアランスが欲しいところです．

● BGAパッケージの実装面と裏面の部品レイアウト

BGAパッケージのリワークは，BGAパッケージの実装面と，反対面である下面からの加熱も必要です．そのため，BGAパッケージの実装裏面の同一位置に，ほかのBGAパッケージが実装されていると，リワーク・ステーションの下面から加熱できません．その結果，はんだが溶融する上で必要な熱が不足し，部品を取り外せない場合があります．このため，BGAパッケージ同士を基板表面と裏面で同一の位置にレイアウトすることは避けるべきです．

● BGAパッドからの引き出し線

BGAパッケージのパッドからスルー・ホールへの引き出し線が隣接している場合，BGAパッケージに塗布したはんだがスルー・ホールに流出し，はんだ付け不具合発生の原因となる場合があります．引き出し線上のランドとスルー・ホール間のレジストが，プリント基板製作時にずれたり，リワーク時の熱ではがれたりする場合があるからです．これは，レジストの印刷ずれに対する注意や，スルー・ホールを小径（しょうけい）に変更する，また，レジストでカバーするなどの方法で対処できます．

＊　　＊　　＊

デバイスの性能が進歩するのにしたがい，実装におけるBGAパッケージの出番も増加するでしょう．BGAパッケージも薄型化，多ピン化，ファイン・ピッチ化が進んでいます．BGAパッケージのリワーク作業に要求される技術も，難易度が高くなっています．

今後もデバイスの技術革新に追従できるよう，業界動向をしっかりつかみ，技術力アップに努めていきたいと思います．

やました・しゅんいち
(株)ケイ・オール　品質技術部 部長

<筆者プロフィール>
山下俊一．ケイ・オールにおけるRoHS指令対応を始めとする環境マネージメント・システムの構築や2007年度よりスタートしたRoHS専用工場の開設を手がけ，試作・開発製品における環境対応を推進．今後は試作・開発製品における有害物資分析や不具合解析などのサービス体制強化を目指し取り組み中．